



Aqua reports 2019:3

Biologisk recipientkontroll vid Södra Cell Värö

Årsrapport för 2018

Anna Lingman och Linda PärLö



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för akvatiska resurser

Biologisk recipientkontroll vid Södra Cell Värö

Årsrapport för 2018

Anna Lingman¹ och Linda Pärlo²

Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser,
Kustlaboratoriet, ¹Simpevarp 100, 572 95 Figeholm; ²Skällåkra 71, 432 65 Väröbacka

Februari 2019

Aqua reports 2019:3

ISBN: 978-91-576-9637-3 (elektronisk version)

E-post till ansvarig författare
linda.parlo@slu.se

Rapportens innehåll har granskats av:

Håkan Wickström, **Sveriges lantbruksuniversitet**, Institutionen för akvatiska resurser

Per Holliland, **Sveriges lantbruksuniversitet**, Institutionen för akvatiska resurser

Vid citering uppge:

Lingman, A., & Pärlo, L. (2019). Biologisk recipientkontroll vid Södra cell Värö. Årsrapport för 2018. Aqua reports 2019:3. **Sveriges lantbruksuniversitet**, Institutionen för akvatiska resurser, Öregrund. 31 s.

Nyckelord: provfiske, fiskbestånd, pappersmassafabrik, recipientkontroll

Rapporten kan laddas ned från

<http://epsilon.slu.se/>

<http://www.slu.se/aquareports>

Finansiär:

Södra Skogsägarna Ekonomisk förening, Södra Cell Värö.

Chefredaktör

Noél Holmgren, prefekt, Institutionen för akvatiska resurser, **Sveriges lantbruksuniversitet**, Lysekil

Framsida: Videbergs hamn. Foto: Frida Sundqvist

Baksida: Trålfångst. Foto: Frida Sundqvist

Sammanfattning

Södra Cell Värö är ett massabruk med produktion sedan 1971. Sammansättningen av ämnen i deras processvatten har förändrats genom åren och i denna rapport har effekter och miljöpåverkan av brukets verksamhet undersökts, med fokus främst på livet i den marina omgivningen. Undersökningarna startade 1983. Det utförs årligen och omfattar analyser av vilka effekter Södra Cell Värös dammanläggning har för uppvandringen av ålyngel, statusen för fisk- och evertebratsamhället i recipientområdet över tid och inverkan på botten i området kring brukets utsläppstub.

Uppvandringen av ålyngel undersöks genom insamling i ålyngelledare från april–september. Fisk- och evertebratsamhället undersöks genom trålningar i september både i recipientområdet, Värö, och i referensområdet, Ustö. Under 2018 gjordes trålningarna i september och oktober på grund av väderförhållanden. Från trålningarna analyseras antalet fiskar och arter, diversitet, och den genomsnittliga trofiska nivån i fisksamhället och jämförelser har gjorts mellan områdena över tid.

Effekten av Södra Cell Värös utsläppstub på den lokala botten undersöks med filmning och visuell analys görs av bottenområdet kring tuben. 2018 har ingen filmning utförts så denna analys utfördes inte detta år.

Fångsten av uppvandrande ålyngel har totalt sett minskat över tid från undersökningarnas början, men har ökat under den senaste 5-årsperioden. Fångsten av ålyngel kan inte kopplas till Södra Cell Värös verksamhet, utan beror snarare på globala trender i ålrekrytering.

Den totala fångsten av fisk i trålfisket har inte förändrats över tid i Värö, däremot har fångsten sjunkit i Ustö. Det var ingen statistisk skillnad i fångstutvecklingen över tid vid en jämförelse av de två områdena.

Fångsten av ryggradslösa djur visar inte på några skillnader mellan områdena i utvecklingen över tid. Vid både Värö och Ustö har en ökning av evertebratarter skett. Utvecklingen av antal evertebratarter över tid skiljer sig åt mellan de två områdena, även om artantalet i fångsten har ökat på båda platserna. Det totala antalet ryggradslösa djur har ökat i båda områdena över tid. Simkrabba, strandkrabba och krabba (krabbtaska) var de vanligaste arterna av ryggradslösa djur i fångsten. Fångsten av simkrabba och krabba har ökat i båda områdena, strandkrabban bara i Värö. Fångsten av krabba uppvisar en större ökning i Värö.

Shannon–Wieners diversitetsindex var något högre vid Värö än vid Ustö.

Inga signifikanta trender i trofisk nivå över tid kan påvisas. Inte heller skilde sig områdena åt. Den trofiska nivån reglerades främst av sandskädda som är den dominerande arten. Sandskädda har minskat i Värö och fångsten bestod av små individer. Fångsten av vitling fluktuerar och var åter på låga värden efter rekordfångster 2016. Rödspätta har minskat i Ustö och områdena utvecklas olika över tid där Ustö har större fångst av rödspätta i provfiskeperiodens början medan förhållandet är det omvända i slutet. Individerna var små. Torsk har minskat i båda områdena och 2018 fångades ingen torsk alls i Ustö.

Sjukdomskontroll utfördes på samtliga fångade fiskar. Mycket få individer uppvisade yttre, synliga skador eller sjukdomssymptom.

Summary

Södra Cell Värö is a pulp mill with an ongoing production since 1971. The composition of substances in the process water has changed over the years and in this report the effects and the environmental impact of the mill's daily operations have been investigated, with the foremost focus on the surrounding marine life in the recipient area of Värö and reference area, Ustö. Monitoring the mills' environmental impact began in 1983 and conducted on an annual basis and includes analysis of the potential impacts of the mill's damming in the river Viskan on the upstream migration of juvenile eel, the status of the fish and invertebrate community in the recipient over time, and potential impacts of the emission from the mill's outlet pipe on the surrounding seafloor.

The migration of juvenile eel has been monitored by collecting juvenile eel from an eel conductor April to September, while the fish and invertebrate community has been monitored by bottom trawling in September, both in the recipient area, Värö, and in the reference area Ustö. In 2018 the trawling was done in September and October due to weather conditions. The number of fish caught during trawling, species abundance, diversity, and mean trophic levels, were analysed and compared between the two areas over time.

The effects of the emission from the outlet tube of Södra Cell Värö on the surrounding seabed has been monitored by underwater filming, followed by visual analyses. In 2018 this was not conducted, so no analysis have been made for this year.

The catch of migrating eel juveniles has decreased over time since monitoring started, but has increased in the last 5 years. However, the abundance of juvenile eel over time is more likely due to global trends in eel recruitment, rather than by operations by Södra Cell Värö.

The total catch of fish has not changed over time in the recipient area of Värö but the catch of fish has decreased in the reference area of Ustö. No significant difference in catch over time can be seen when comparing the two areas. The total catch of invertebrates has not changed between the both areas over time, however, the number of invertebrate species has increased in both areas. The increase in invertebrate species over time was significant between Värö and Ustö, despite that the number of invertebrate species has increased in both areas. The total number of invertebrates has increased in both areas over time. Among the most common invertebrate species in the catch were swimming crabs, shore crabs and edible crabs. The catch of swimming crabs and edible crabs has increased in both areas, while the shore crabs increased in number only around Värö. The catch of edible crabs had a greater increase at Värö than in the reference area of Ustö.

The Shannon–Wiener diversity index is slightly higher at Värö than at the reference area of Ustö. No significant trends in changes of trophic level have been observed in or between areas; with trophic level regulated by the dominant species, dab. Dab abundance has decreased at Värö and the catch consisted of small individuals. The catch of whiting fluctuates and was once again at low levels following a record catch in 2016. Plaice have decreased around Ustö and the two areas have developed differently with more plaice in Ustö in the beginning of the time series and the opposite relation in the last years. The individuals of

plaice are small. Cod has decreased in both areas and in 2018 no cod were caught around Ustö.

All caught fish were inspected for external symptoms of disease and deformity, very few were found with either.

Innehållsförteckning

1	Inledning	7
2	Material och metoder	10
2.1	Uppvandring av ålyngel i Viskan	10
2.2	Provfiske med bottentrål	11
2.3	Statistiska analyser	13
2.4	Dokumentation av utsläppstub och omgivande bottenar	13
3	Resultat	14
3.1	Ålyngeluppvandring i Viskan	14
3.2	Provfiske med bottentrål	15
3.2.1	Totalfångst	15
3.2.2	Diversitet	19
3.2.3	Trofisk nivå	20
3.2.4	De vanligaste fiskarterna i trålfisket	21
3.2.5	Övriga fiskarter i trålfisket	23
3.2.6	Ryggradslösa djur	24
3.2.7	Sjukdomar och skador	25
3.3	Dokumentation av utsläppstub och omgivande bottenar	25
4	Diskussion	26
4.1	Ålyngeluppvandring i Viskan	26
4.2	Provfiske med bottentrål	26
4.3	Dokumentation av utsläppstub och omgivande bottenar	28
4.4	Effekter av Södra Cell Värö på närområdet	28
4.5	Referenslista	30

1 Inledning

För att avgöra Södra Cell Värös sulfatmassabruks effekt på närmiljön utförs fortlöpande recipientkontroller som från och med 1 januari 1991 årligen sammanställs enligt direktiv från Länsstyrelsen i Halland. Delar av recipientkontrollen ansvaras för och genomförs av Institutionen för akvatiska resurser på Sveriges lantbruksuniversitet (SLU Aqua). Syftet är att bedöma effekter av massabrukets drift på det marina samhället vid recipientområdet för brukets utsläppsvatten, med fokus på fisk, skaldjur och andra marina evertebrater (rygggradslösa djur) samt påverkan från Södra Cells dammanläggning på uppvandrande nypigmenterade ålyngel (stadiet efter glasål) i Viskan.

Södra Cell Värö använder i genomsnitt cirka 90 000 m³ vatten dagligen, detta sötvatten pumpas upp från ån Viskan, och släpps efter användning ut i havet (Figur 1). För att säkra intaget av sötvatten reglerar Södra Cell Värö vattennivån i Viskans mynning med hjälp av en dammanläggning. Utsläppet av processvattnet i havet sker via en fem kilometer lång utsläppstub (Figur 1). De sista 750 meterna av utsläppstuben är försedda med diffusordysor för att minska den rumsliga koncentrationen av utsläppta ämnen och därmed fördela utsläppet i vattenmassan. Utsläppet sker på ett vattendjup mellan 15 och 18 meter i öppet hav väster om massafabriken. Av den totala vattenvolymen som släpps ut via tuben är 70 000 m³ kylvatten, som värmts upp till 30–40 °C och med ett pH-värde på 8. Resterande 20 000 m³ kommer från massafabrikens blekeri. Från blekeriet går vattnet vidare i en biologisk reningsprocess där totalt organiskt kol (TOC) reduceras med cirka 70 procent och klorat reduceras med över 90 procent. Även kväve, fosfor och AOX (klorerade organiska substanser) binds innan det släpps ut tillsammans med övrigt processvatten i stora sedimentationsbassänger. Under sedimenteringen fångas träfibrer upp, som sedan går vidare till slamhantering. Efter sedimentationsbassängerna når vattnet slutligen havet via utsläppstuben. De komponenter som mäts och följs upp av tillsynsmyndighet (Länsstyrelsen) är TOC, kväve, fosfor, suspenderat material, klorat, samt AOX,

vilka alla anses kunna bidra till bland annat övergödning och i övrigt försämrade miljöförhållanden.

Sammansättningen av ämnen i processvattnet har förändrats genom åren. Fram till 1993 använde Södra Cell Värö klorblekning i framställandet av sina produkter, vilket bidrog till skadliga dioxin- och dioxinlika ämnen i utsläppsvattnet, som bland annat kan bidra till missbildningar hos fisk, och minskade fiskbestånd (Thulin m.fl., 1988; Forlin m.fl., 1995). Från 1993–2016 användes endast TCF (Totally Chlorine Free) blekning, där det huvudsakliga blekämnet är väteperoxid. Från 2016 började Södra Cell Värö använda en ny metod, i kombination med TCF-blekningen. I denna metod, ECF (Elemental Chlorine Free) blekning, är det huvudsakliga blekämnet klordioxid.

Typiska effekter av för hög näringsbelastning innefattar minskat siktdjup på grund av ökad tillväxt av fintrådiga alger, ökad förekomst av toxiska algbloomingar, och skiften i artkompositionen av både bentiska evertebrater och kustnära fiskar (Smith, 2003). Ökad grumlighet i vattenmassan kan också påverka fisktätheten och artsammansättningen (Neuman, 1988; Snickars m.fl., 2004; Sohel, 2015). Syrefattiga eller syrefria bottenområden kan också uppstå till följd av näringsbelastning och sedimentering av löst organiskt material (Møller m.fl., 1985; Nordberg m.fl., 2017). Detta skulle kunna leda till minskad förekomst av marina organismer, särskilt bottenlevande arter, både primärt till följd av syrebrist, men också sekundärt till följd av födobrist, om förekomsten av bytesdjur minskat på grund av den låga syrehalten (Rosenberg och Loo, 1988; Pihl m.fl., 1991; Pihl, 1994; Nordberg m.fl., 2017). Förutom möjliga effekter av utsläppsvattnet, tillför dammanläggningen vid Viskans mynning en ytterligare riskfaktor då känsliga arter, framför allt ålyngel, kan påverkas. Varje år vandrar nypigmenterade ålyngel (stadiet efter glasål) från havet upp i Viskan som en del i sin livscykel. Det är möjligt att den fysiska närvaron av anläggningen försvårar ålens uppvandring. Dammanläggningen är försedd med luckor, som i regel står öppna, genom vilka uppvandrande fisk skall ha möjlighet att passera. I tillägg har dammanläggningen fyra ålyngelledare som skall underlätta ålens uppvandring.



Figur 1. Översiktskarta med fiske- och provtagningslokaler. Kartan visar utsläpps/recipientområdet Värö (södra provfiskeområdet) och referensområdet Ustö (norra provfiskeområdet) samt ålyngelledarnas placering vid Viskans mynning. Den röda linjen visar den ungefärliga sträckan och positionen av Södra Cell Värös utsläppstubb, de svarta linjerna visar den ungefärliga sträckan och positionen av de fem utförda tråldragen och den gula markeringen visar positionen för undervattensfilmningen av bottenförhållandet vid utsläppstuben.

2 Material och metoder

2.1 Uppvandring av ålyngel i Viskan

Uppvandring av ålyngel i Viskan kontrolleras med hjälp av fyra ålyngelledare i Södra Cell Värös dammanläggning i Viskans mynning. Ledarna är belägna utmed strandkanterna, på vardera sidan utmed Viskans två mynningsarmar. Varje ledare består av en sju till åtta meter lång ränna genom dammvallen. Rännans ena ände mynnar ut i havet cirka en decimeter under lägsta vattennivån och den andra änden är belägen innanför vallen cirka 1,5 meter över vattenytan. Ålarna slingrar sig längs rännan med stöd av upprättstående kvastar och faller vid dess slut ner i en behållare (Neuman, 1977). Behållarna (ålyngelsamlarna) töms minst två gånger i veckan och de insamlade ålynglens totalvikt och antal registreras. Vid tillfällen då stora mängder yngel samlats in registreras enbart totalvikten, och medelvikten per yngel räknas ut från ett stickprov på ett 20-tal yngel. I tidigare kontroller, fram till 2003, användes 0,3 gram som genomsnittlig vikt för ett ålyngel. Från 2003 till 2015 modifierades standardvikten per yngel genom en beräknad standardvikt per månad utifrån yngel insamlade under 2003. Enligt dessa mätningar beräknades standardvikten per ålyngel till 0,30 gram för maj, 0,46 gram för juni, 0,50 gram för juli, 0,70 gram för augusti och 1,00 gram för september och oktober. Från och med 2015 räknas medelvikten av yngel ut varje vecka.

För att främja ålarnas uppvandring finns föreningen Viskans ålplan, bestående av kraftverken i Viskan, i samarbete med Varbergs- och Borås kommuner samt Havs- och vattenmyndigheten och Länsstyrelserna i Hallands och Västra Götalands län. Varje kraftverk verkar under vattendomar, som innefattar bestämmelser om skyldigheter att anordna vandringsvägar för ål, så att dessa kan vandra upp i Viskans vattensystem. I enlighet med Viskans ålplan har SLU, under perioder då större mängder ål samlats in (>3 kg/vecka), tidigare år placerat ut infångade ålar i de större sjöarna inom Viskans tillrinningsområde. Eftersom ålyngel samlats in vid Södra Cell Värös

dammanläggning och transporterats förbi vandringshindren i vattensystemet behöver inte industriernas skyldighet att bygga vandringsvägar för ål uppfyllas. Om ålplanen skulle upplösas träder vattendomarna i kraft och industrierna måste fullfölja sina skyldigheter med vandringsvägar.

2.2 Provfiske med bottentrål

För att få en uppfattning om fiskesamhällets tillstånd i recipienten initierades 1983 årliga undersökningar med bottentrål (Thoresson, 1992). Tre år senare fastställdes ett program som omfattade trålningar i september med standardiserad bottentrål i Södra Cell Värös recipient, det vill säga det område där vattnet från cellulosaindustrin släpps ut, härafter kallad Värö, samt i ett referensområde, härafter kallad Ustö. Recipienten är lokaliserad vid avloppstubens mynningsområde (57° 11' 59" N, 12° 05' 19" E) och referensområdet är beläget cirka 15 kilometer norrut, väster om Ustö, härafter kallat Ustö (57° 18' 00" N, 12° 05' 00" E). Trålningen genomförs på ett djupintervall mellan 18 och 24 meter vid Värö och mellan 24 och 28 meter vid Ustö. Generellt har området kring Ustö ett bottenförhållande med något mjukare sediment än området kring Värö. Inom varje område görs fem parallella tråldrag med ett avstånd på minst 50 meter mellan varje drag. Trålen som används är en modifierad kräfttrål med en öppning på 5 meter och en uppfångningsstrut på 4 meter (Figur 2).

Varje enskilt tråldrag är 1 200 meter långt och utförs i en följd vid varje undersökningstillfälle. Den effektiva tråltiden, det vill säga den tid trålen släpas över havsbotten, uppgår till cirka 20 minuter, med en fart av två knop. Liksom tidigare år upprepades trålningen 2018 under fem dagar med en dag mellan varje trålningstillfälle i vardera området. Totalt trålades 25 drag per område. Varje tråldrag om cirka 20 minuter räknas som en ansträngning. Under 2018 fick fisket utföras in i oktober månad på grund av hårda vindar i september.

Efter varje tråldrag registreras fisk, kräftdjur och bläckfisk med individuell längd per centimeterklass och sammanlagd vikt per art. Yttre synliga sjukdomssymtom kontrolleras och registreras (Thulin m.fl., 1989). I början, från år 1983, registrerades endast fångsten av fisk från trålningsförsöken. År 1990 började även kräftdjur registreras, med undantag från eremitkräftor som först började registreras år 2002. För att kunna beskriva och jämföra diversiteten av fisk används här Shannon–Wieners index, som beskriver diversiteten i fiskesamhället baserat på antalet fiskarter och hur mängden fisk fördelar sig mellan olika arter, enligt formeln:

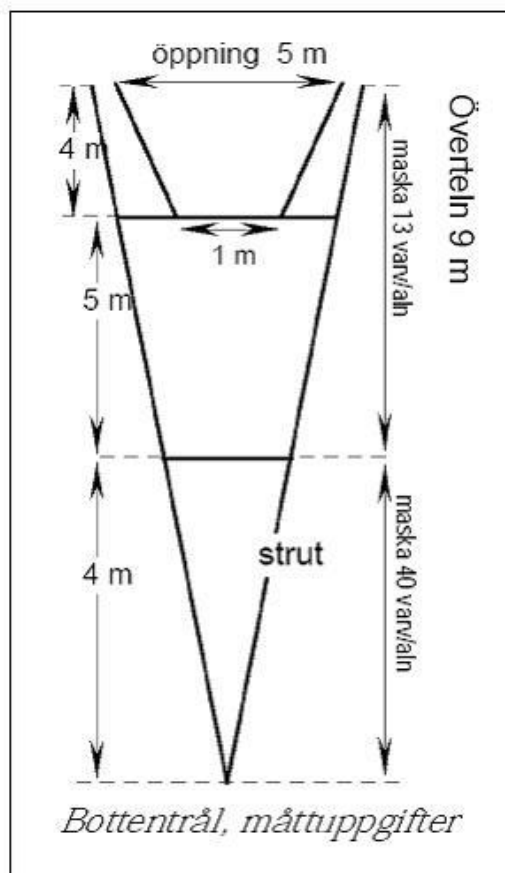
$$H = -\text{SUM}[(p_i) \times \ln(p_i)]$$

Där H är index, SUM är summa, p_i är antalet individer per art dividerat med det totala antalet individer, och \ln är den naturliga logaritmen (Shannon, 1949). Indexet är alltså högt i artrika områden och områden där flera arter finns i betydande mängd.

I områden med ett fåtal arter eller med en stark dominans av enstaka arter är indexet lågt. Trofisk medelnivå (Mean Trophic Level, MTL), är ett index som speglar förhållandet mellan fiskar med olika födoval i fiskesamhället (Pauly m.fl., 1998). Varje fiskart har tilldelats ett värde som speglar dess nivå i näringsväven (Froese och Pauly, 2004). De enskilda arternas trofiska värden samt andelar i fångsten sammanvägs till ett trofiskt index för hela fångsten, enligt formeln:

$$MTL = \sum jTL_j Y_{ij} / \sum Y_j$$

Där TL är trofiskt index, Y är fångst, i är antalet arter och j är enskilda arter. Ett högt värde på trofisk medelnivå innebär en stor andel fiskätande fisk, ett medelhögt värde innebär dominans av djurplankton- eller bottendjursätande fisk, medan ett lågt värde innebär en stor andel växtätande fisk.



Figur 2. Schematisk bild över den modifierade kräfttrål som används i provfisket vid recipientområdet vid Södra Cell Värö, och vid referensområdet Ustö.

2.3 Statistiska analyser

Alla beräkningar från trålfångsten har utförts i Microsoft Office Excel 2013 och 2016 och IBM SPSS Statistics 22 för Windows. Linjära regressioner och övriga analyser har gjorts på data (transformerade med den naturliga logaritmen (ln)) för att fastställa om en statistiskt signifikant förändring har skett över tid. Fångstdata för arter som har mer än 20 procent nollförekomst i tidsserien har inte analyserats.

För att avgöra om fiskens längdfördelning skiljer sig åt mellan fångsterna i recipienten och referensområdet under 2018 har en Anova-analys eller icke-parametriskt Mann–Whitney U-test använts. För att jämföra om fångstens utveckling över tid är olika i de två områdena har en kovariansanalys (Ancova) använts (fångst per ansträngning som beroende variabel, område som faktor och år som kovariat). Om utvecklingen inte skilde sig åt i kovariansanalysen har en variansanalys (Anova) använts för att avgöra om mängden fångad fisk skilde sig mellan områdena.

Statistik för signifikanta samband presenteras i en fotnot, alternativt i Tabell 1 och 2.

2.4 Dokumentation av utsläppstub och omgivande bottenar

Vanligtvis filmas Södra Cell Värös utsläppstub och havsbottenen i tubens närhet för att kontrollera synbara effekter av utsläppet (Thoresson, 1992). I år (2018) utfördes ingen filmning på grund av missgynnsamma väderförhållanden och tekniska problem med den inhyrda utrustningen.



På väg ut från Videbergs hamn. Foto: Frida Sundqvist.

3 Resultat

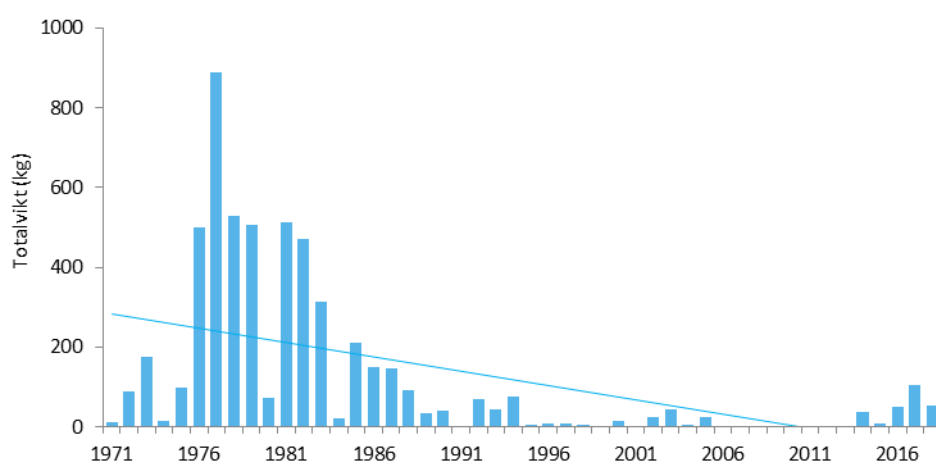
3.1 Ålyngeluppvandring i Viskan

Under provtagningsperioden 2018, som pågick från början av maj till mitten av september, insamlades totalt 52,9 kg uppvandrande ålyngel (Figur 3). Den totala fångstvikten var ungefär hälften jämfört med föregående års (106,5 kg).

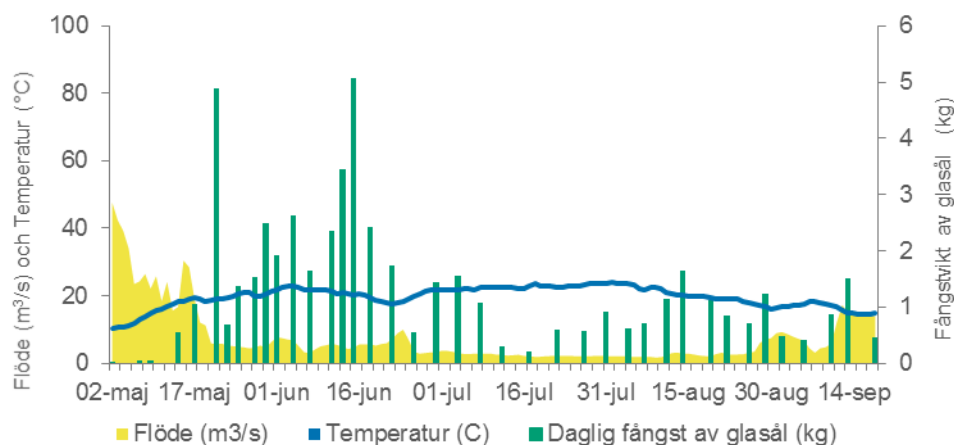
Sedan provtagningen påbörjades 1971 sågs en kraftigt minskande trend¹. Under 2018 skedde den största ålyngeluppvandringen i början av säsongen, cirka 68 procent av den totala ålyngelbiomassan, fångades in mellan mitten av maj till och med slutet på juni (Figur 4), medan den genomsnittliga ålyngelbiomassan från 1980–2017 generellt ökade gradvis över hela insamlingsperioden, med början i maj, och stannade av i början av september. Ålyngeluppvandringen under 2018 tog fart under mitten av maj och den såg ut att sammanfalla med en ökning i vattentemperaturen (Figur 4).

Enligt bestämmelser ur Viskans ålplan har infångade ålyngel tidigare år flyttats uppströms i Viskan för att främja fiske och fortplantning i hela vattendraget. År 2018 skedde ingen uppflyttning, då Länsstyrelsen beslutat om förbud mot uppströms utsläpp av fiskyngel för att förhindra smittspridning av fisksjukdomar. Istället släpptes alla infångade yngel 2018 ut direkt uppströms dammanläggningen.

¹ Regressionsanalys_{1971–2018}: $p < 0,001$, $R^2 = 0,325$



Figur 3. Totalvikt (kg) per år av ålyngel insamlade i Viskans mynning 1971–2018. Helledragen linje anger signifikant linjär trend över tid.



Figur 4. Vikten (kg) av ålyngelfångsten per vittjningstillfälle i relation till temperatur (°C) och vattenflöde (m³/s) vid Åsbro i Viskan från maj till september 2018.

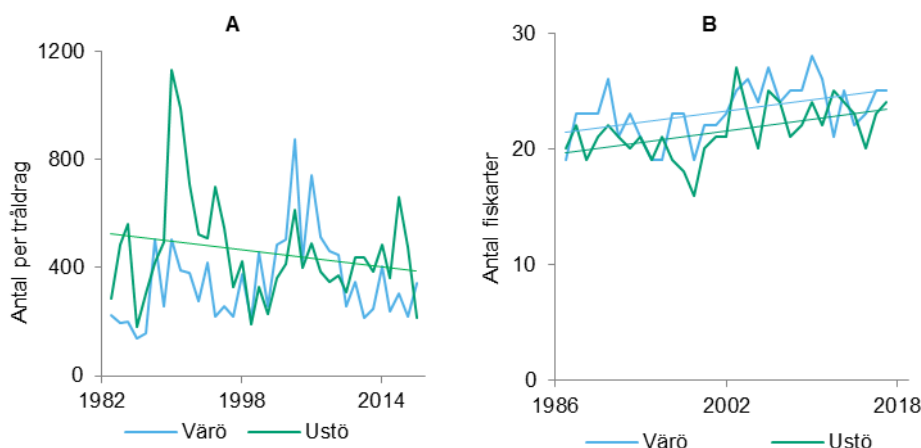
3.2 Provfiske med bottentrål

3.2.1 Totalfångst

Under 2018 genomfördes 25 tråldrag (ansträngningar) vardera inom recipientområdet Värö respektive referensområdet Ustö. Totalt fångades 31 olika fiskarter och 12 olika arter av ryggradslösa djur (evertebrater) i de båda områdena. I recipientområdet fångades 26 olika fiskarter, och i referensområdet fångades 24 olika arter (Tabell 1). Antalet arter per tråldrag som fångats varje år visar en ökning för både Värö och

Ustö sedan trålfisket började utföras med totalt 50 ansträngningar 1987 (Figur 5b)². Det är statistiskt fler arter i Värö än i Ustö³. I båda områdena fångades en ny art vardera. I Värö fångades 1 glyskolja och i Ustö 27 stycken sjustråliga smörbultar.

Antalet fångade fiskar uppgick till 8 674 individer och av dessa fångades 3 270 (38 procent) vid Värö (Figur 5a). Fångsten har inte förändrats över tid i Värö vare sig sett till hela trålningsperioden (1983–2018) eller de senaste tio åren. Däremot har fångsten sjunkit både sett över hela fångstperioden (1983–2018) och den senaste tioårsperioden i Ustö⁴. Det var ingen statistisk skillnad på antalet fisk över tid vid en jämförelse mellan de två områdena (Figur 5a, Tabell 1).



Figur 5. a) Medelantalet fiskar per ansträngning år 1983–2018 och b) antalet observerade fiskarter år 1987–2018, från trålfisket i recipientområdet Värö (blå markering) och referensområdet Ustö (grön markering). Räta linjer visar signifikanta trender över tid.

Den totala fångsten av ryggradslösa djur (evertebrater) var 5 820 individer, varav 54 procent fångades i recipientområdet Värö (Tabell 1). Fångsttätheten, abundansen, av ryggradslösa djur visar en ökande trend i båda områdena från 1990 till 2019 (Tabell 1). Områdena skiljer sig inte åt avseende fångsten av totalt antal fångade ryggradslösa djur över tid.

Totalt fångades 9 olika arter av evertebrater under fisket 2018. Vid Värö fångades 6 olika evertebratarter, och vid Ustö fångades 8 olika evertebratarter. Vid både Värö och Ustö har en ökning av evertebratarter skett över tid (Tabell 1). Utvecklingen av antal evertebratarter över tid skiljer sig åt mellan de två områdena⁵.

2. Regressionsanalys Värö 1983–2018: $p < 0,001$, $R^2 = 0,42$, Ustö 1987–2018: $p < 0,001$, $R^2 = 0,35$

3. Mann–Whitney U-test_{1983–2018}: $p = 0,009$

4. Regressionsanalys_{1987–2018}: $p = 0,010$, $R^2 = 0,18$, 2009–2018: $p = 0,025$, $R^2 = 0,49$

6. Kovariansanalys Ancova 1990–2018: $p = 0,10$, $R^2 = 0,494$

Tabell 1. Fångst (antal individer) i genomsnitt per tråldrag om 20 minuter under 2018 och i medeltal för hela undersökningsperioden (från 1983 till 2018) och för de senaste tio åren (2009–2018), i recipientområdet Värö och i referensområdet Ustö. Arterna är sorterade efter hur vanligt förekommande de varit under hela tidsperioden. Linjär regression beräknad med ln-transformerade värden. + anger ökande trend, - anger minskande trend med signifikansnivåer * = $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$, ns anger att ingen signifikant förändring observerats över tiden. Fångst vid störda ansträngningar ingår inte. Arterna är sorterade efter fallande långtidsmedelvärde i recipienten.

Art	VÄRÖ (recipient)					USTÖ (referens)				
	Medel 1983– 2018	Medel 2009– 2018	Trend	Medel 1983– 2018	Trend	Medel 1983– 2018	Medel 2009– 2018	Trend	Medel 1983– 2018	Trend
Sandskädda	78,04	228,39	ns	183,82	ns	165,88	319,65	ns	278,84	ns
Vitling	9,08	48,31	ns	20,43	ns	14,76	75,71		81,48	
Rödspotta	10,32	20,98	ns	16,25	ns	3,68	18,55	***	7,45	ns
Kolja	0,04	11,91		17,34			7,92	ns	1,54	ns
Fjärsing	4,72	6,63	***	13,01	ns	2,16	1,79		4,39	ns
Torsk	0,24	5,31	ns	1,21	ns		4,77		0,73	
Knot	2,32	4,99	***	5,73	*	4,20	3,80	**	2,75	**
Rötsimpa	7,84	3,91	+	5,43	ns	1,64	4,19	***	3,26	ns
Taggmakrill	0,44	2,67		0,50	*	0,36	0,80		0,46	ns
Randig sjökock	2,96	2,43	ns	1,89	ns	0,52	0,45	ns	0,15	ns
Lerskädda	0,4	1,73		0,60		4,64	6,69		6,06	
Tungevar	7,32	1,46		3,40	ns	5,24	0,72	***	2,02	**
Piggvar	0,08	0,84	**	0,38	ns	0,04	0,06		0,06	
Slätvar	3,12	0,83	***	1,48	ns	3,88	0,47		0,97	
Skäggsimpa	0,52	0,77	+	1,32	+		0,03	ns		ns
Skarpsill	0,4	0,60		0,84		0,24	4,36		7,04	
Skrubbskädda	0,36	0,45	ns	0,55	ns		0,43	ns	0,34	ns
Bergskädda	0,08	0,44	*	0,31	ns	0,08	0,57		0,02	
Småvar		0,43		<0,01			0,21			
Kummel		0,37	ns	0,11	ns	0,12	1,51	ns	1,19	ns
Sill	0,2	0,34	ns	0,25	ns	2,24	1,06	ns	1,07	+
Svart smörbult	0,56	0,31		0,34	*	4,88	2,00		4,44	
Äkta tunga	0,28	0,20	+	0,26	ns	0,08	0,05	ns	0,06	*
Skärsnultra	0,04	0,13		0,01		0,08	0,03		0,02	
Mulle	1,28	0,10		0,18		0,08	0,01		0,04	
Fenknot		0,04		0,06			<0,01			
Fläckig sjökock		0,04		<0,01		0,08	0,03		0,12	ns
Sjurygg		0,03		0,11						
Småtunga	0,04	0,03		0,10			<0,01		<0,01	
Spetsstjärtad smörbult		0,02		0,08			0,04		0,14	
Femtömmad skärlånga		0,02								
Ansjovis		0,02		0,04			<0,01		<0,01	
Bergvar	0,08	0,02		<0,01			<0,01			
Sandstubb		0,01		0,04			0,02		0,06	
Berggylta		<0,01					<0,01			
Gråsej		<0,01		<0,01			<0,01		0,02	
Grässnultra		<0,01		<0,01						
Havskatt		<0,01					<0,01		<0,01	
Lyrtsk		<0,01								
Långa		<0,01					<0,01			
Makrill		<0,01		<0,01		0,04	<0,01		0,02	
Marulk		<0,01					<0,01			
Oxsimpa		<0,01		<0,01						
Paddtorsk		<0,01		<0,01						
Pigghaj		<0,01		0,03		0,16	0,05		0,18	
Småfläckig rödhaj		<0,01						***		ns
Stensnultra		<0,01								
Tobis (kust-/havs-)		<0,01								ns
Tånglake		<0,01								ns
Gulål							<0,01			
Klarbult							<0,01		0,03	
Knaggrocka			***		ns		<0,01	+	<0,01	ns
Lerstubb							<0,01			
Sjustrålig smörbult						1,08	0,03		0,11	
Spetsstjärtad långbarn							<0,01			
Totalt antal fiskar	130,80	344,82	ns	276,15	ns	216,16	456,08	*	405,05	*
Antal fiskarter	26	21,	***	25	ns	24	20,75	***	23,1	ns

Tabell 2. Antal evertebratindivider i genomsnitt per tråldrag om 20 minuter under 2018 och i medeltal för hela undersökningsperioden (från 1990 till 2018, med undantag för eremitkräfta som registrerats först från 2002) och för de senaste tio åren (2008–2018), i recipientområdet Värö och i referensområdet Ustö. Arterna är sorterade efter hur vanligt förekommande de varit under hela tidsperioden. Linjär regression beräknad med ln-transformerade värden. + anger ökande trend, - anger minskande trend med signifikansnivåer * = $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$, ns anger att ingen signifikant förändring observerats över tiden. Fångst vid störda ansträngningar ingår inte. Arterna är sorterade efter fallande långtidsmedelvärde i recipienten.

Art	Värö (recipient)					Ustö (referens)				
	2018	medel 1983–2018	trend	2018	trend	2018	medel 1983–2018	trend	2018	trend
Simkrabba obestämd	103,16	37,02	***	72,14	+	98,40	35,96	***	66,48	***
Strandkrabba	9,88	6,80	***	12,81	ns	0,32	1,35		2,98	ns
Eremitkräfta	3,84	6,379		5,37	ns	4,4	8,26	-**	4,74	ns
Krabba	9,16	2,58	***	6,08	***	3,28	0,93	***	2,03	+
Maskeringskrabba		0,44		0,18	ns	0,08	0,50	ns	0,48	ns
Bläckfisk obestämd	0,12	0,17		0,29			0,42		0,74	
Havskräfta		0,04				0,04	0,11		0,12	ns
<i>Allotheuthis subulata</i>		0,03		0,04			0,02		0,05	
<i>Loligo vulgaris</i>		0,04		0,10			0,04		0,10	
Europeisk hummer	0,04	0,02		0,03		0,04	0,01		0,04	
Hästräka		<0,01				0,04	0,11		0,12	ns
Nordisk Kalmar		<0,01					<0,01			
Spindelkrabba		<0,01								
Sandräka							<0,01			
Totalt antal evertebrater	126,20	50,91	***	97,08	+	106,60	44,32	***	77,89	***
Antal evertebratarter	6,00	6,07	***	6,90	ns	8,00	5,69	***	7,20	



Havskräfta, fjärsing och plattfisk i fångsten vid Ustö. Foto: Frida Sundqvist.

3.2.2 Diversitet

Artdiversiteten hos fisk i fångsterna har ökat över tid under perioden 1983-2018 i recipientområdet Värö⁶ (Figur 6). I referensområdet Ustö har motsvarande ökning inte skett. Shannon-Wieners index ligger något högre vid Värö än vid Ustö⁷. Index för artdiversiteten 2018 var 1,65 i Värö och 1,08 i Ustö.



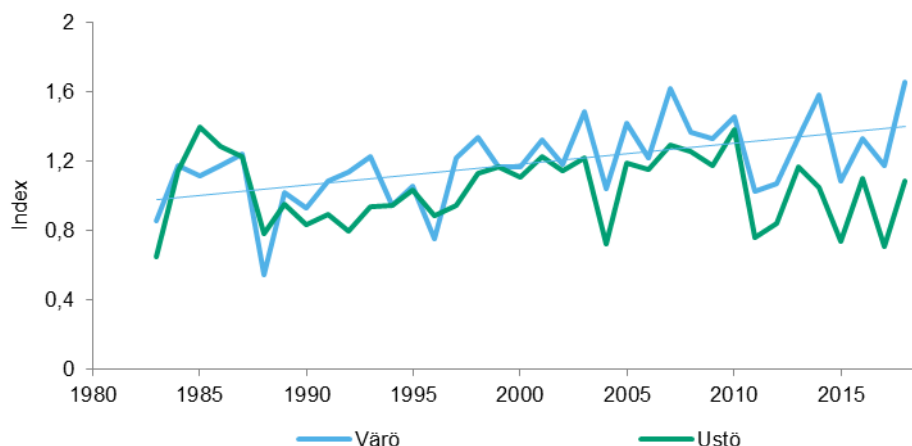
Trålen töms på fångst. Foto: Frida Sundqvist.

6. Regressionsanalys Värö 1983–2018: $p = 0,001$, $R^2 = 0,29$

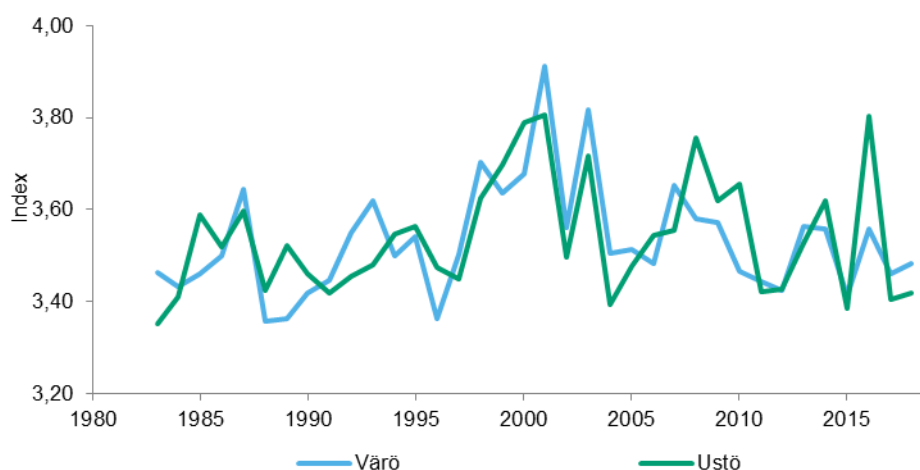
7. Mann–Whitney U-test 1983–2018: $p = 0,007$

3.2.3 Trofisk nivå

Inga trender kan påvisas för index för den trofiska medelnivån av fisk i vare sig Värö eller Ustö (Figur 7). Sett till hela tidsperioden har båda platserna ett trofiskt medelindex på 3,5. Som referens har skarpsill, som till största delen livnär sig på planktoniska kräddjur, trofiskt index 3,1, medan vitling, som nästan uteslutande är fiskätare har trofiskt index 4,4. Vid både Värö och Ustö dominerades fångsten starkt av sandskädda, en art med trofiskt index 3,3. Det var ingen skillnad i trofisk nivå mellan de två områdena över tid.



Figur 6. Artdiversiteten hos provfiskefångsten av fisk 1983–2018 i recipientområdet Värö (blå markering) och Ustö (grön markering). Diversiteten är beräknad som Shannon–Wiener index. Den rätta linjen visar signifikant ökning i trend över tid.



Figur 7. Trofisk medelnivå provfiskefångsten av fisk 1983–2018 i recipientområdet Värö (blå markering) och Ustö (grön markering). Höga värden indikerar hög förekomst av rovfisk, och låga värden indikerar hög förekomst av växtätare.

3.2.4 De vanligaste fiskarterna i trålfisket

Liksom tidigare år utgjordes majoriteten av den totala fångsten av sandskädda (Värö: 60 procent, Ustö: 77 procent). Den därefter vanligaste arten, vitling, stod för sammanlagt 7 procent av fiskarna i fångsten i båda områdena.

Sandskädda

Sedan undersökningarna påbörjades 1983 har sandskädda varit den i antal högst förekommande fiskarten (Tabell 1). Sandskäddan har minskat under de senaste tio åren i Värö. 2018 fångades 78 sandskäddor per tråldrag i Värö och 165 stycken i Ustö. Utvecklingen i recipientområdet Värö och i referensområdet Ustö skiljer sig inte över tiden (Figur 8a). I fisket representerades sandskäddan nästan uteslutande av förhållandevis små och därmed sannolikt unga individer. Medellängden på fångade sandskäddor 2018 skilde sig inte mellan de två områdena⁸ och var ca 15 cm (Figur 8b).

Vitling

Under hela undersökningsperioden, 1983–2018, har fångsten av vitling fluktuerat starkt mellan år (Figur 8a). De stigande fångsterna 2013 och 2014, efter en bottennotering 2012, följdes av mycket låga fångster 2015. År 2016 fångades 297 vitlingar per tråldrag vid referensområdet Ustö, vilket är den högsta fångstsiffra som noterats sedan provfiskets start 1983. År 2018 var fångsten av vitling förhållandevis låg, med endast 18 vitlingar per tråldrag i Ustö och 9 vitlingar per tråldrag i Värö. Utvecklingen av fångsterna skilde sig inte över tid, men totalt sett har mer vitling fångats i Ustö⁹ än i Värö. Längdfördelningen mellan individerna i fångsten av vitling 2018 skilde sig inte mellan områdena. Medellängden för vitling var 14,8 i Värö respektive 13,4 i Ustö, vilket var de minsta värdena under tidsperioden 2007–2018 cm (Figur 8b).

Rödspätta

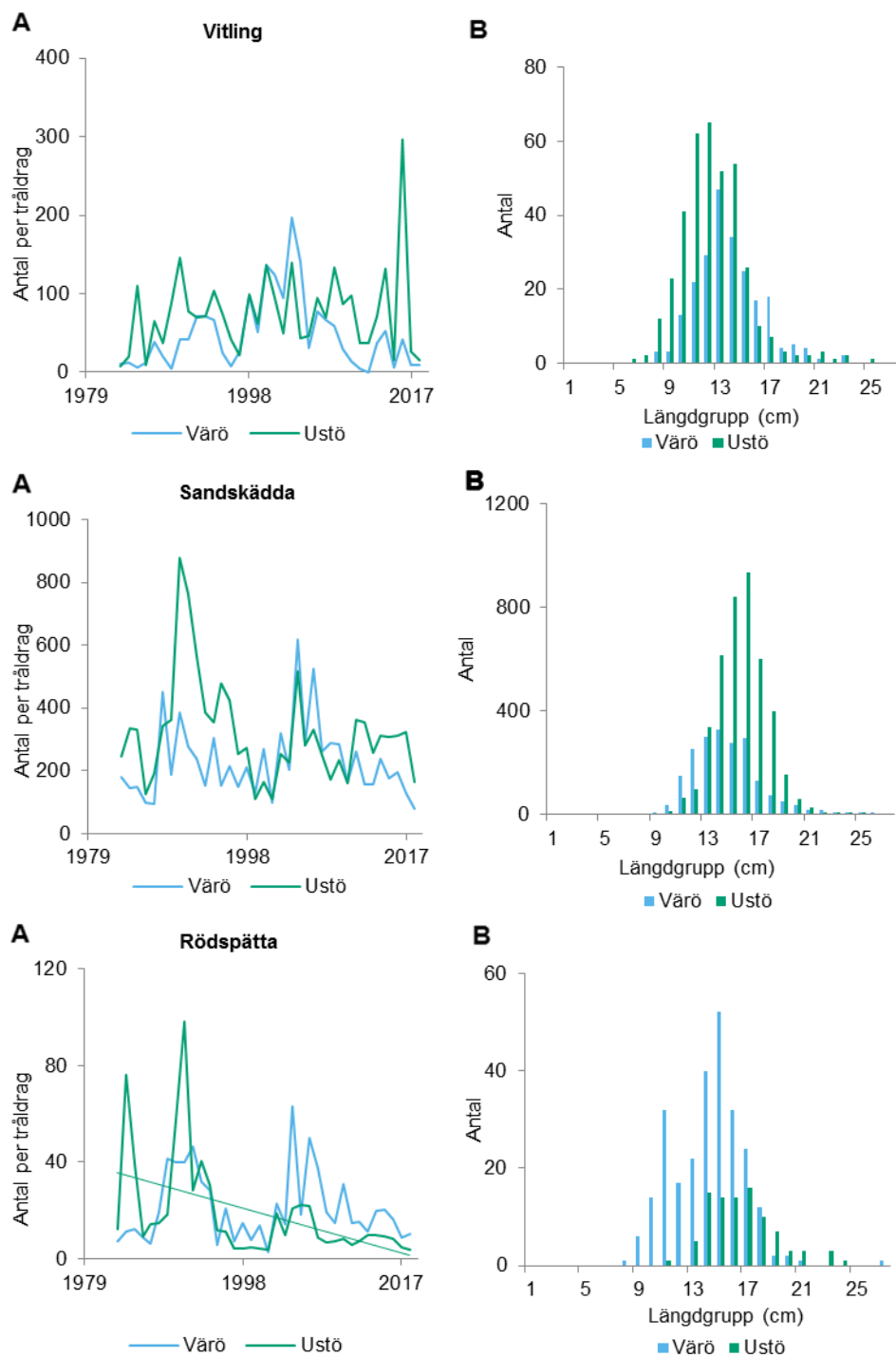
Fångsten av rödspätta har uppvisat periodvisa fluktuationer både i recipientområdet Värö och i referensområdet Ustö under hela perioden, 1983–2018 (Figur 8a). I de två områdena har fångstens utveckling skiljt sig över tiden¹⁰. Rödspottan har minskat över tid under den senaste tioårsperioden i Värö och i Ustö över hela tidsperioden (Figur 8a Tabell 1). Det var skillnad i storlek på rödspätta mellan Värö och Ustö¹¹, med en medellängd på 14,1 i Värö och 16,5 i Ustö (Figur 8b) och fångsten dominerades av små, sannolikt unga individer.

8. Kovariansanalys Ancova 1983–2018: $p = 0,703$, $R^2 = 0,003$

9. Variansanalys ANOVA 1983–2018: $p = 0,008$, $R^2 = 0,082$

10. Kovariansanalys Ancova 1983–2018: $p = 0,004$, $R^2 = 0,184$

11. Variansanalys Anova: $p = 0,03$, $R^2 = 0,167$



Figur 8. a) Den totala fångsten av vitling, sandskädda och rödspätta per tråldrag om 20 minuter åren 1983–2018 i recipientområdet Värö (blå markering) och referensområdet Ustö (grön markering). Hel-dragen linje visar trend över tid. b) Storleksfördelningen, antal per cm klass, hos den totala fångsten i recipientområdet Värö (blå markering) och referensområdet Ustö (grön markering) under 2018. Notera olika skalor på Y-axlarna.

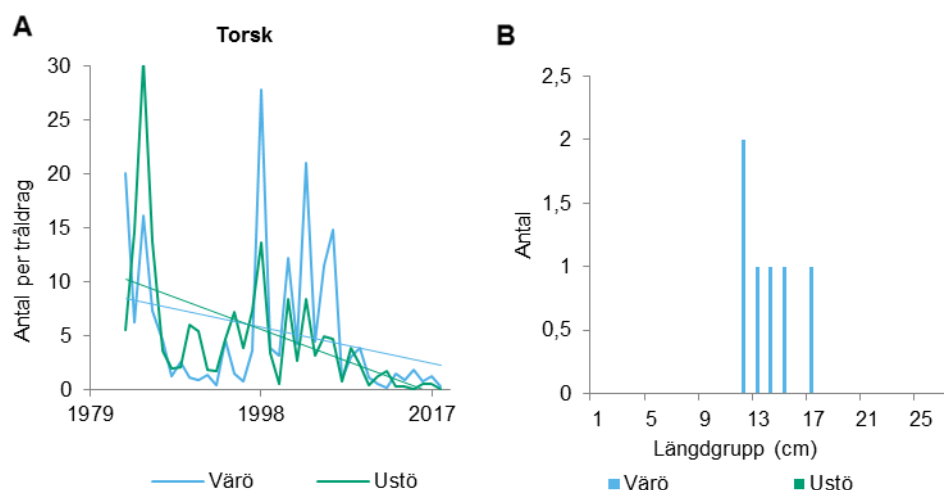
3.2.5 Övriga fiskarter i trålfisket

Sedan provfisket började 1983 och fram till 2018 har förekomsterna av flertalet fiskarter förändrats, både i recipientområdet Värö och i referensområdet Ustö. I Värö har fångsterna ökat för ett flertal fiskarter, samtidigt som bara slätvar visat liknande utveckling i Ustö. I Värö kan över hela tidsperioden (1983–2018) en negativ trend i fångstantal endast ses på ett par fiskarter (förutom torsk, även piggvar och skrubbskädda), och fyra arter (rödspätta, kolja, torsk och rötsimpa) i Ustö har minskat över samma tidsperiod (Tabell 1). Under den senaste tioårsperioden ses inga positiva trender i Värö, men 4 arter, varav tre är bland de vanligaste fiskarna i fångsten, har minskat (Tabell 1).

Torsk tillhörde fram till 2006 de vanligaste förekommande arterna, men har där- efter blivit mindre vanlig i fångsten. Den redovisas här på grund av sitt kommersi- ella och ekologiska värde.

Torsk

Sett till hela undersökningsperioden, 1983–2018, har fångsten av torsk minskat i både recipientområdet Värö och i referensområdet Ustö (Tabell 1). I Ustö har dess- utom en minskning skett även den senaste tioårsperioden. 2018 fångades totalt 6 torskar i Värö och inga alls i Ustö. Den totala fångsten skiljer sig inte mellan områ- dena. Sedan slutet av 1990-talet har det förekommit stora mellanårsvariationer i torskfångsterna, samtidigt som fångsterna de senaste nio åren varit förhållandevis små (Figur 9a, Tabell 1). Liksom tidigare år bestod torskfångsten 2018 av små, san- nolikt unga individer (Figur 9b).



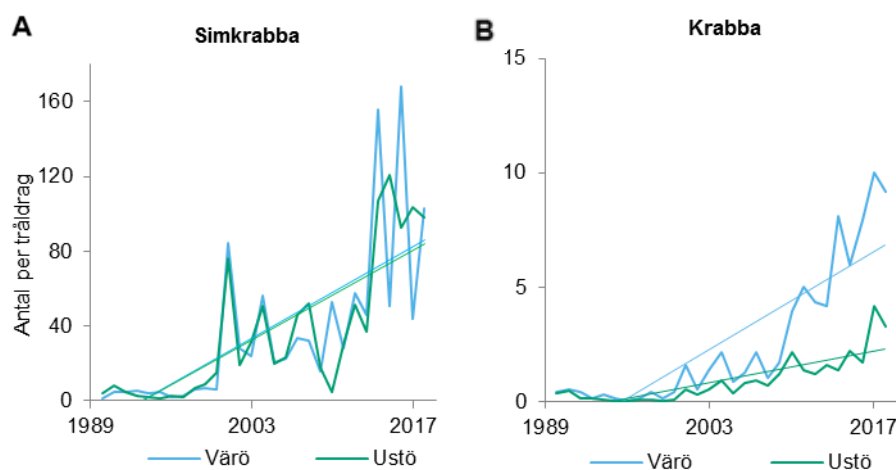
Figur 9. a) Den totala fångsten av torsk per tråldrag om 20 minuter åren 1983–2018 i recipientområdet Värö (blå markering) och referensområdet Ustö (grön markering). Heldragen linje visar trend över tid. b) Storleksfördelningen, antal per cm klass, hos den totala fångsten i recipientområdet Värö (blå markering) och referensområdet Ustö (grön markering) under 2018.

3.2.6 Rygggradslösa djur

År 2018 fångades totalt 9 olika arter av evertebrater, 6 i recipientområdet Värö och 8 i referensområdet Ustö (Tabell 2). Liksom föregående år var den vanligast förekommande arten år 2018 simkrabba med cirka 100 st. per tråldrag. Totalt har antalet evertebratarter ökat över tid från 1990–2019 i både Värö och Ustö (Tabell 2).

Simkrabba

Fångsten av simkrabba har ökat över tid under hela trålningsperioden, 1983–2018, i både recipientområdet Värö och i referensområdet Ustö (Figur 10a, Tabell 2). Vid Värö har fångsten fluktuerat en del genom åren, med två fångsttoppar, år 2014 och år 2016. Som mest i Värö, år 2016 var medelfångsten av simkrabba 168 individer per tråldrag. 2018 var medelfångsterna av simkrabba i Värö 103 individer per tråldrag. Fångsten av simkrabba i Ustö har i stort speglat den i Värö, med något lägre fångsttoppar. År 2018 var fångsten 98 simkrabbor per tråldrag.



Figur 10. Fångst av a) simkrabba och b) krabba, under tidsperioden 1990–2018 i recipientområdet Värö (blå markering) och referensområdet Ustö (grön markering). Rät linje anger signifikant trend över tid. Notera olika skalor på Y-axlarna.

Krabba

Fångsten av krabba (krabbtaska) har en ökande trend både i recipientområdet Värö och i referensområdet Ustö (Figur 10b, Tabell 2). Fångstens utveckling över tid skiljer sig statistiskt¹². Sedan mitten av 2000-talet har fångstantalet av krabba stigit kraftigt, framför allt i Värö. Fångsten av krabba 2018 var den högsta sedan ryggradslösa djur började registreras (1990), med 10 krabbor per tråldrag i Värö och 4 krabbor

12. Kovariansanalys Ancova_{1990–2018}: $p < 0,001$, $R^2 = 0,814$

per tråldrag i Ustö. För 2018 var fångsten 9 respektive 3 krabbor per tråldrag. Medellängden av krabba 2018 var 16,3 cm i Värö och 18,3 cm i Ustö.

3.2.7 Sjukdomar och skador

Yttre sjukdomstecken på fisk har registrerats i all fångst sedan 1994. Under fisket 2018 observerades yttre sjukdomssymptom på 6 individer i Värö och 5 i Ustö, vilket motsvarar 0,18 respektive 0,09 procent. Flest sjukdomssymptom hittades hos sand-skädda (5 i Värö och 3 i Ustö). De övriga fiskarna med sjukdomssymptom var enstaka individer av arterna lerskädda och rödspätta. Sjukdomssymptomen var hudsår, yttre parasitangrepp, tumörer och fenröta. Den procentuella andelen av sjuk fisk skilde sig inte mellan Värö och Ustö över tid, och har inte förändrats signifikant över tid sen mätningarnas början år 1994. Störst andel fiskar med sjukdomssymtom observerades år 2002, 2005 och 2006 (0,34, 0,29 och 0,38 procent respektive år).

3.3 Dokumentation av utsläppstub och omgivande botten

Filmning av bottenområdet kring Södra Cell Värös utsläppstub utfördes inte under 2018 på grund av missgynnsamma väderförhållanden och tekniska problem med den inhyrda utrustningen.

4 Diskussion

4.1 Ålyngeluppvandring i Viskan

Mängden av uppvandrande ålyngel i ån Viskan har förändrats över tid. Totalt sedan provtagningarna startade har en negativ trend i uppvandringsantal påvisats. Sen början av 1970-talet har antalet yngel drastiskt minskat, och från 1990-talet till första decenniet på 2000-talet låg ålyngelfångsten enligt mätningar nära nollgränsen. Sedan 2013 har en markant vändning i trenden av uppvandrande ålyngel observerats i provtagningarna, under 2016 och 2017 hade fångstvikten av ålyngel nära dubblerats från år till år, dock minskade fångstvikten under 2018 till ungefär samma som under 2016.

Den totala fångstvikten 2017 var den högsta sedan 1986 och insamlingen av ålyngel var det året den högsta som registrerats på 31 år.

Den största andelen fångade ålyngel i Viskan under 2018 fångades in under andra halvan av maj månad och i mitten av juni.

Utvecklingen i Viskan speglar den generella rekryteringsnedgång för ål, som observerats i hela Europa (ICES, 2018 och Dekker m.fl., 2018), likaså kan det på senare år ses ett positivt trendbrott i denna nedåtgående trend för antalet glasål i Europa.

4.2 Provfiske med bottentrål

I slutet av 1980-talet och under 1990-talet var fångstantalet markant högre i Ustö än i recipientområdet Värö. Denna skillnad i fiskmängd var troligen en effekt av perioden då klorblekning användes av Södra Cell Värö. Det har visats att områden vid massabruk där klorblekning tillämpas har reducerade fiskpopulationer (Neuman och Karås, 1988). Dessutom har studier visat att det tar åtskilliga år för fiskesamhällen i påverkade områden att återgå till referensvärden efter att klorblekning upphört (Sandström och Neuman, 2003), vilket stämmer överens med observationerna från

provfisket vid Värö och Ustö över tid. Södra Cell Värö slutade använda klorblekning 1993. Innan 1993 har resultaten från provfisket visat att Ustö haft ett betydligt högre fångstantal per ansträngning än Värö under samma år. Inte förrän i slutet av 1990-talet var fångsterna från de två områdena lika i antal fisk per ansträngning. Sedan 2000-talet och fram till 2018 kan man se årliga fluktuationer i fångsten, men skillnaden i fångst mellan områdena visar inte någon samstämmighet.

Liksom förgående år visade resultaten av trålfisket 2018 att något fler arter av både fisk och evertebrater har ökat över tid i recipientområdet Värö än i referensområdet Ustö. Tidigare studier har visat att klorblekning kan ha negativ inverkan på påverkade fiskesamhällen (Neuman och Karås, 1988). Sett till recipientområdet Värö och referensområdet Ustö över tid under trålningsperioden 1983–2018, syns ingen direkt skillnad på abundansen av arter som skulle kunna härledas till effekter av brukets processer. Den trofiska medelnivån i fiskesamhället skilde sig inte mellan recipient- och referensområde, och inga trender över tid kan skönjas. Artdiversiteten i Värö har ökat över tid under trålningsperioden men inte i Ustö, och den totala artdiversiteten var högre i Värö än i referensområdet Ustö. Detta skulle kunna bero på den starka dominansen av sandskädda i referensområdet, som drar ner diversitetsindex och påverkar den trofiska medelnivån för området. Bottnen vid referensområdet Ustö är täckt av ett fint sandlager, vilket gynnar bottenlevande fiskarter som sandskädda (Frimodt, 1995). Bottnen vid Värö är också täckt av sand, men med mindre jämnhet och mer sten i förhållande till Ustö. Det är möjligt att den höga abundansen och de gynnsamma förhållandena för sandskädda i Ustö hindrar etableringen av andra arter, medan den förhållandevis mer mångsidiga bottnen vid Värö tillåter mer variation i artsammansättningen.

Ett flertal arter har både ökat och minskat i antal över trålningsperioden (1983–2018) i både Värö och i Ustö. Något fler arter har ökat över tid i Värö än i Ustö, men samtidigt har antalet av den dominerande sandskäddan ökat (de senaste tio åren) i Ustö, men minskat över tid i Värö. Antalet evertebrater har också från att de började registreras 1990 och fram till 2018 ökat över tid i båda områdena. I både Värö och Ustö har abundansen av vissa arter, framför allt simkrabba, krabba och eremitkräfta, ökat. En orsak till ökningen av dessa arter skulle kunna vara den låga förekomsten av större rovfisk som torsk, lyrtorsk och gråsej, vars diet till stor del består av dekapoder (Tiofotade kräftdjur (Decapoda) är en ordning inom kräftdjuren som tillhör klassen storkräftor) (Du Buit, 1995). Minskningen över tid och den låga förekomsten av bland annat torsk är troligen en nationell effekt av kommersiell överfiskning och högt fisketryck (Cardinale och Svedäng, 2004).

Prevalensen av yttre tecken på sjukdom hos fisk i fångsten 2018 var låg. Tidigare studier har visat att områden påverkade av pappersmassabruk med aktiv klorblekning har högre förekomst av sjukdomar såsom fenröta och skelettdeformeringar (Thulin m.fl., 1989; Lindesjö och Thulin, 1990). Mellan recipientområdet Värö

och referensområdet Ustö kunde dock inga skillnader i sjukdomsförekomst uppmätas över tid.

4.3 Dokumentation av utsläppstub och omgivande bottnar

Tidigare år har det största potentiella tecknet på miljöpåverkan i den visuella utvärderingen av bottenförhållandet vid Södra Cell Värös utsläppstub varit förekomsten av syrefria fläckar i området kring utsläppstuben (se Lingman, 2015; Lingman och Sundqvist, 2016). Som noterat i tidigare års rapporter kan syrebrist uppstå i sedimentet när partikulärt organiskt material bryts ned varvid syre förbrukas (Møller m.fl., 1985; Nordberg m.fl., 2017). Denna process kan öka om ytterligare organiskt material tillförs eller i områden med låg vattenomsättning. Det är sannolikt att den kontinuerliga tillförseln av näringsämnen och suspenderat partikulärt material från Södra Cell Värös utsläpp bidragit till den låga syrehalten i botten vid utsläppsområdet. Under 2018 utfördes ingen filmning av botten omkring tuben och därför kan ingen visuell utvärdering göras för detta år.

4.4 Effekter av Södra Cell Värö på närområdet

Det går inte att knyta effekter av Södra Cells dammanläggning till antalet uppvandrande ålyngel i Viskan. Även om den totala mängden uppvandrande ålyngel i Viskan kraftigt har minskat över tid (1971–2018), lovar förhoppningsvis de senaste årens ökning i antal ålyngel i provtagningen en ljusare framtid för nyrekryteringen av ål. Det är troligare att både den totala minskningen av antalet uppvandrande ålyngel över provtagningsperioden, och de senaste årens positiva trend i fångstantal av ålyngel är kopplat till globala minskningar i ålbestånd över tid (ICES, 2018; Dekker m.fl. 2018), och eventuellt är de senare årens ökning ett resultat av bevarandeplaner för ål (Nordwall 2008; Moriarty och Dekker, 1997; Anderson, 2008), än att fångstantalet skulle vara relaterat till Södra Cell Värös lokala dammanläggning.

Inga synliga negativa effekter av Södra Cell Värös aktiviteter kan heller ses på fisksamhället i recipienten i dagsläget. Fångstantalet av fisk, diversiteten av fiskarter, och sjukdomsförekomst i recipientområdet visar inga märkbara negativa effekter i förhållande till referensområdet. Tidigare studier på miljöeffekterna av pappersmassabruk har dock visat att TCF och ECF-blekning kan ha negativ inverkan på fisken i påverkade områden (Sandström och Neuman, 2003; Milestone m.fl., 2012). Observerade defekter på fisk, såsom fördröjd sexuell mognad, underutvecklade gonader och snabb somatisk tillväxt är några av de effekter som påvisats på fiskarter i områden där ECF-blekning brukas (Neuman och Karås, 1988). Närmare studier har visat att det framför allt är fiskars steroidreglerande system som störs av

restprodukterna av ECF, vilket reducerar koncentrationen av könshormoner, framför allt hos vissa arter (Karels m.fl., 1999). Det har också visats att steroler från det partikulära organiska materialet kan ha negativ inverkan på marina organisms ontogenetiska utveckling (Lehtinen m.fl., 1999). Huruvida liknande effekter påverkat fiskssamhället vid Södra Cell Värö kan inte fastställas med dagens undersökningsmetodik.

Det är svårt att uppskatta effekten av Södra Cell Värös utsläppstub på den lokala omgivningen. För en bättre förståelse av tubens inverkan, skulle de visuella analyserna av det marina bottenmiljöet kunna kompletteras med sedimentprov och bottenfaunaprovtagning för att undersöka syrehalt och förekomst av bottenlevande organismer.

4.5 Referenslista

- Anderson, M. (2008). *Ålfiskeförbudet: en undersökning av olika aktörer och olika aktörers åsikter på förvaltning, kommunikation och framtiden inom svenskt ålfiske*: Inst. för stad och land, Sveriges lantbruksuniversitet.
- Canli, M. & Atli, G. (2003). *The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species*. Environmental pollution **121**, 129–136.
- Cardinale, M. & Svedäng, H. (2004). *Modelling recruitment and abundance of Atlantic cod, *Gadus morhua*, in the eastern Skagerrak–Kattegat (North Sea): evidence of severe depletion due to a prolonged period of high fishing pressure*. Fisheries Research **69**, 263–282.
- Dekker, W., Bryhn, A., Magnusson, K., Sjöberg, N., Wickström, H. (2018). *Assessment of the eel stock in Sweden, spring 2018. Third post-evaluation of the Swedish Eel Management Plan* Swedish University of Agricultural Sciences, Drottningholm Lysekil Öregrund. 113 pp.
- Du Buit, M. H. (1995). *Food and feeding of cod (*Gadus morhua* L.) in the Celtic Sea*. Fisheries Research **22**, 227–241.
- Forlin, L., Andersson, T., Balk, L. & Larsson, A. (1995). *Biochemical and physiological effects in fish exposed to bleached kraft mill effluents*. Ecotoxicology and environmental safety **30**, 164–170.
- Freire, C. S., Silvestre, A. J. & Neto, C. P. (2003). *Carbohydrate-derived chlorinated compounds in ECF bleaching of hardwood pulps: Formation, degradation, and contribution to AOX in a bleached kraft pulp mill*. Environmental science & technology **37**, 811–814.
- Frimodt, C. (1995). *Multilingual illustrated guide to the world's commercial coldwater fish*: Fishing News Books Ltd. ICES. 2018. *Report of the Joint EIFAAC/ICES/GFCM Working Group on Eels (WGEEL)*, 5–12 September 2018, Gdansk, Poland. ICES CM 2018/ACOM:15. 150 pp
- Karels, A., Soimasuo, M. & Oikari, A. (1999). *Effects of pulp and paper mill effluents on reproduction, bile conjugates and liver MFO (mixed function oxygenase) activity in fish at Southern Lake Saimaa, Finland*. Water Science and Technology **40**, 109–114.
- Lehtinen, K.-J., Mattsson, K., Tana, J., Engström, C., Lerche, O. & Hemming, J. (1999). *Effects of wood-related sterols on the reproduction, egg survival, and offspring of brown trout (*Salmo trutta lacustris* L.)*. Ecotoxicology and environmental safety **42**, 40–49.
- Lindesjö, E. & Thulin, J. (1990). *Fin erosion of perch *Perca fluviatilis* and ruffe *Gymnocephalus cernua* in a pulp mill effluent area*. Diseases of Aquatic Organisms **8**, 119–126.
- Lingman, A. & Sundqvist, F. (2016). *Biologisk recipientkontroll vid Södra cell Värö. Årsrapport för 2015*. Institutionen för akvatiska resurser, Sveriges lantbruksuniversitet, Öregrund. 33 s.
- Lingman, A. (2015). *Biologisk recipientkontroll vid Södra Cell Värö. Årsrapport för 2014*. Aqua reports 2015:3. Sveriges lantbruksuniversitet, Öregrund. 35 s.
- Mellanen, P., Soimasuo, M., Holmbom, B., Oikari, A. & Santti, R. (1999). *Expression of the vitellogenin gene in the liver of juvenile whitefish (*Coregonus lavaretus* L. sl) exposed to effluents from pulp and paper mills*. Ecotoxicology and environmental safety **43**, 133–137.
- Milestone, C. B., Orrego, R., Scott, P. D., Waye, A., Kohli, J., O'Connor, B. I., Smith, B., Engelhardt, H., Servos, M. R. & MacLachy, D. L. (2012). *Evaluating the potential of effluents and wood feedstocks from pulp and paper mills in Brazil, Canada, and New Zealand to affect fish reproduction: chemical profiling and in vitro assessments*. Environmental science & technology **46**, 1849–1858.
- Moriarty, C. & Dekker, W. (1997). *Management of the European eel*. Marine Institute. No 15 Irish fisheries bulletin.
- Møller, M. M., Nielsen, L. P. & Jørgensen, B. B. (1985). *Oxygen responses and mat formation by *Beggiatoa* spp.* Applied and Environmental Microbiology **50**, 373–382.

- Neuman, E. (1977). *Fiskeriundersökningar vid Väröhalvön*. Statens Naturvårdsverk. Arbetsrapport.
- Neuman, E. (1988). *Effekter av Ringhalsverkets kylvattenutsläpp på det strandnära fisksamhället*: Naturvårdsverket.
- Neuman, E. & Karås, P. (1988). *Effects of pulp mill effluent on a Baltic coastal fish community*. Water Science and Technology **20**, 95–106.
- Nordberg, K., Asteman, I. P., Gallagher, T. M. & Robijn, A. (2017). *Recent oxygen depletion and benthic faunal change in shallow areas of Sannäs Fjord, Swedish west coast*. Journal of Sea Research **127**, 46–62.
- Nordwall, F. *Förvaltningsplan för ål*. (2008), Fiskeriverket.
- Nowack, B. & VanBriesen, J. M. (2005). *Chelating agents in the environment*. ACS Publications.
- Oviedo, C. & Rodríguez, J. (2003). *EDTA: the chelating agent under environmental scrutiny*. Quimica Nova **26**, 901–905.
- Pauly, D., Christensen, V., Dalsgaard, J., Froese, R. & Torres, F. (1998). *Fishing down marine food webs*. Science **279**, 860–863.
- Pihl, L. (1994). *Changes in the diet of demersal fish due to eutrophication-induced hypoxia in the Kattegat, Sweden*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences **51**, 321–336.
- Pihl, L., Baden, S. & Diaz, R. (1991). *Effects of periodic hypoxia on distribution of demersal fish and crustaceans*. Marine Biology **108**, 349–360.
- Remberger, M. (2001). *EDTAs öde i miljön: interaktion med partikulärt material och sedimenten*.
- Rosenberg, R. & Loo, L.-O. (1988). *Marine eutrophication induced oxygen deficiency: effects on soft bottom fauna, western Sweden*. Ophelia **29**, 213–225.
- Sandström, O. & Neuman, E. (2003). *Long-term development in a Baltic fish community exposed to bleached pulp mill effluent*. Aquatic ecology **37**, 267–276.
- Shannon, C. E. (1949). *Communication theory of secrecy systems*. Bell Labs Technical Journal **28**, 656–715.
- Smith, V. H. (2003). *Eutrophication of freshwater and coastal marine ecosystems a global problem*. Environmental Science and Pollution Research **10**, 126–139.
- Snickars, M., Sandström, A. & Mattila, J. (2004). *Antipredator behaviour of 0+ year Perca fluviatilis: effect of vegetation density and turbidity*. Journal of Fish Biology **65**, 1604–1613.
- Sohel, S. (2015). *Effects of algal turbidity on foraging and antipredator behaviour of the three-spined stickleback (Gasterosteus aculeatus)*.
- Thoresson, G. (1992). *Handbok för kustundersökningar. Recipientkontroll*. Kustrapport 4, 88.
- Thulin, J., Höglund, J. & Lindesjö, E. (1988). *Diseases and parasites of fish in a bleached kraft mill effluent*. Water Science and Technology **20**, 179–180.
- Thulin, J., Höglund, J. & Lindesjö, E. (1989). *Fish Diseases in Coastal Waters (Fisksjukdomar I Kustvatten)*. Naturvårdsverket (Natural Agency), Almqvist & Wikströms Förlag, Solna (126 pp.).

